...e costruisci il tuo **LABORATORIO DIGITALE**

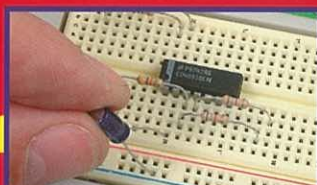
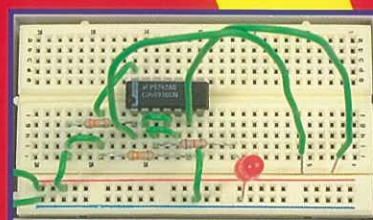
6,90 €

17

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

Sin título - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

```
MOVWF W_TEMP
SWAPF STATUS,W
CLRF STATUS
MOVWF STATUS_TEMP
MOVF PCLATH, W
MOVWF PCLATH_TEMP
CLRF PCLATH
:
```

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41017

Peruzzo & C.

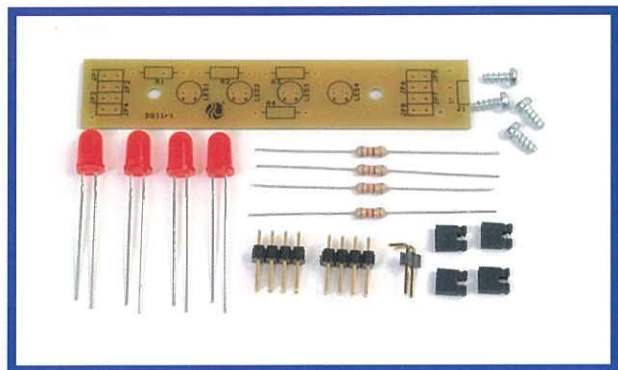
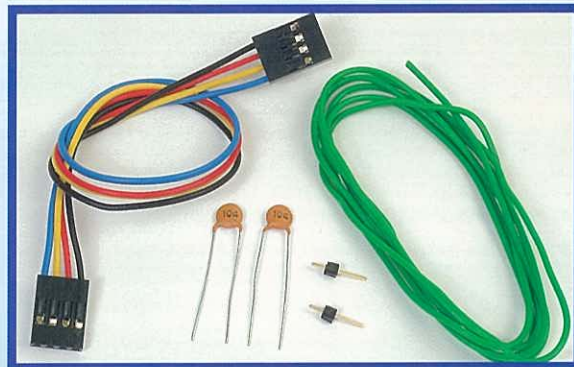
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Scheda DG11R1
4 LED rossi
2 Connettori maschio diritti 2x4
1 Connettore maschio a 90° 2x1
4 Resistenze da 820 Ω 5% 1/4 W
4 Ponticelli isolati neri
4 Viti

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Cavetto da 4 fili con due connettori volanti femmina a 4 vie
1 Filo verde rigido
2 Connettori diritti, maschio a 1 via
2 Condensatori ceramici da 100 nF

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

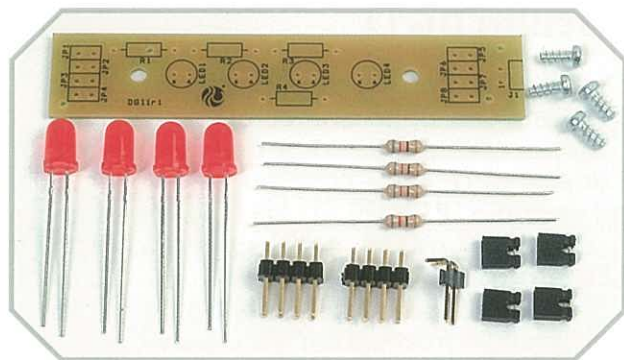
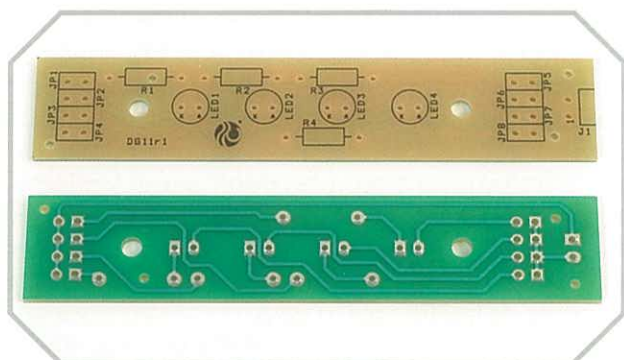
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

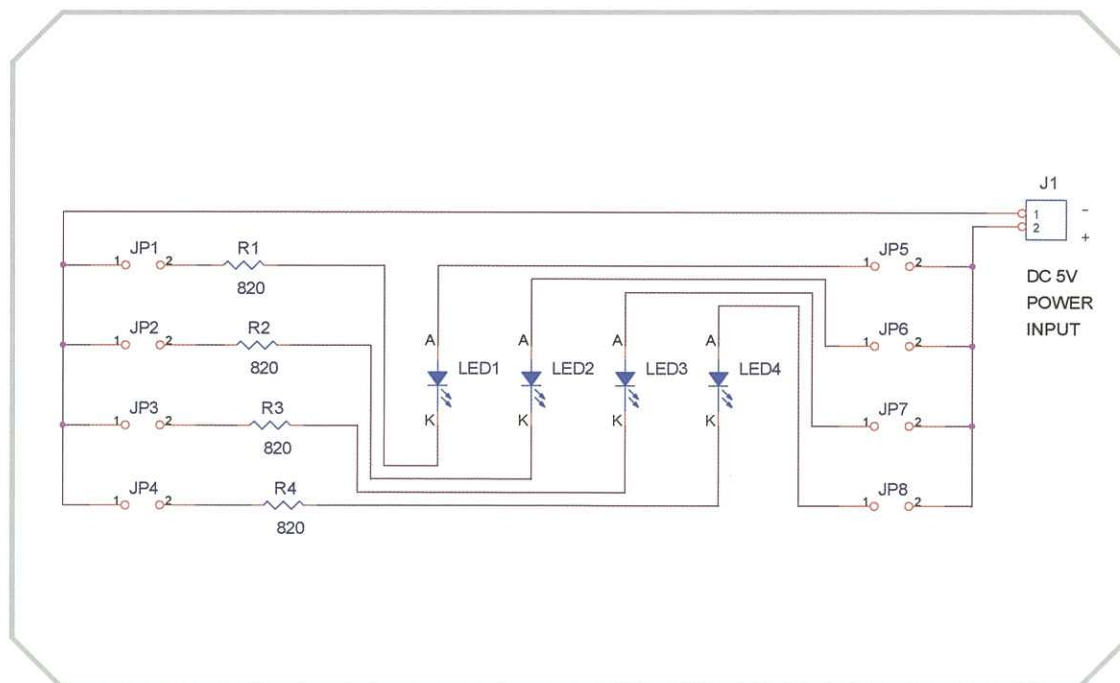
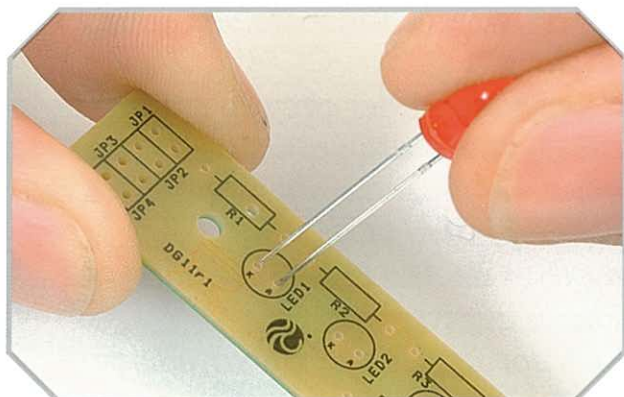
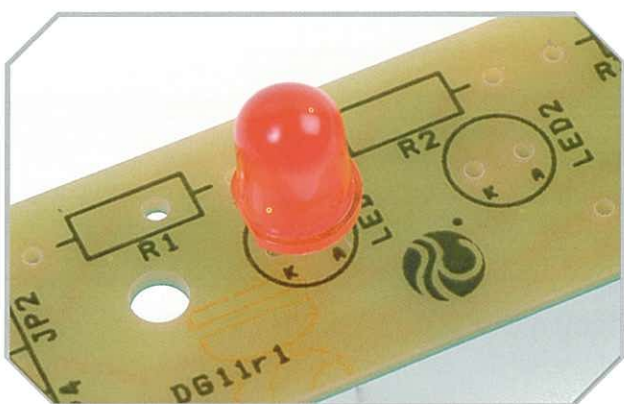
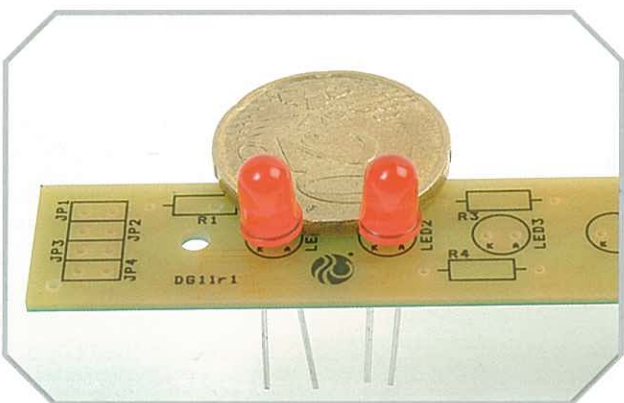
Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Modulo matrice di LED

Materiali del circuito stampato DG11.

Circuito stampato DG11 senza i componenti.

Con questo fascicolo vengono forniti i componenti del circuito stampato DG11, che si utilizzano per l'installazione sul laboratorio dei primi quattro LED della matrice da 16 LED. Vengono fornite anche quattro viti, due per fissare questa scheda e altre due per il portabatterie, e quattro ponticelli di collegamento.

Matrice da 16 LED

La matrice da 16 LED è composta da quattro circuiti stampati DG11, ognuno dei quali contiene quattro LED con le rispettive resistenze di limitazione di corrente.

Il circuito DG11 ha un connettore siglato come J1 che si utilizza per collegare l'alimentazione proveniente dal circuito DG12, il quale alimenta i quattro circuiti DG11 che formano la matrice.

Schema elettrico del circuito stampato DG11.

Il terminale più lungo del LED corrisponde all'anodo.

La parte piatta del contenitore del LED indica il terminale del catodo.

Si può utilizzare una moneta da 20 centesimi di euro per mantenere la separazione dei due LED.

Circuito DG11

Osservando lo schema e il circuito stampato vedremo che, dopo aver completato il laboratorio, se collegheremo contemporaneamente i due ponticelli che corrispondono a un LED, ad esempio JP1 e JP5, il LED si illuminerà.

Questo è uno dei modi per verificare che il LED funzioni.

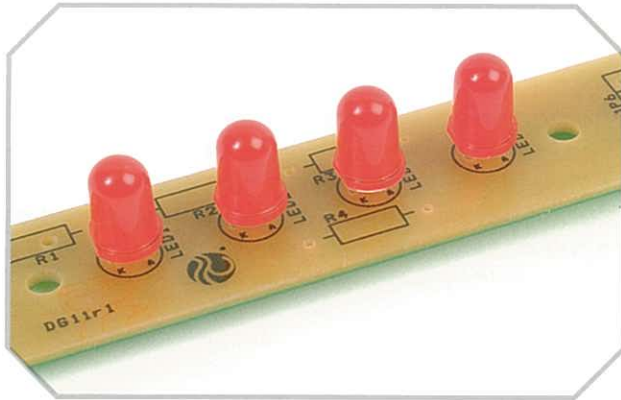
Se osserviamo il circuito stampato nel senso del pannello frontale del laboratorio, vedremo che a lato dello stesso vi sono due connettori maschio doppi, ovvero due file da quattro terminali. Se guardiamo attentamente quello di sinistra, ovvero i ponticelli da JP1 a JP4 , potremo vedere che la fila più vicina ai LED ha i collegamenti dei quattro catodi, e la fila a lato di questo connettore è collegata al negativo dell'alimentazione. Se montiamo i quattro ponticelli su questo connettore doppio, basterà applicare tensione a ognuno degli anodi (collegati sull'altro connettore doppio) per farli illuminare; questi anodi possono essere attivati da un altro circuito che fornisca, ad esempio, un segnale di livello logico alto.

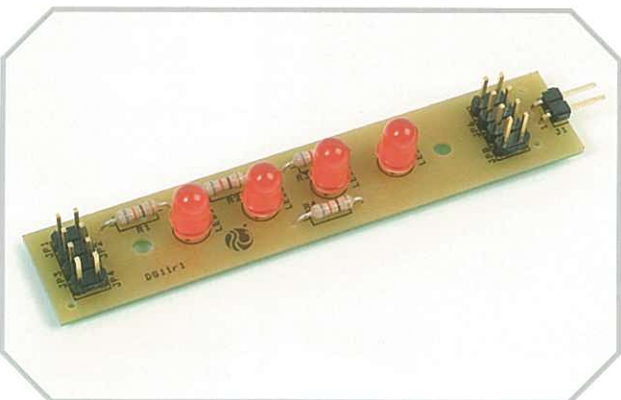
Vediamo ora l'altro lato della scheda, quello destro, dove troviamo un altro connettore uguale al precedente, però in questo caso i quattro terminali più vicini ai LED contengono i collegamenti dei quattro anodi. I quattro terminali vicini sono uniti e collegati al positivo di 5 volt dell'alimentazione. Se montiamo i ponticelli su questo lato, invece che sull'altro connettore, l'attivazione dei LED avverrà tramite l'altro connettore.

L'utilizzo di otto ponticelli provocherà l'illuminazione contemporanea dei quattro LED, tuttavia questo sarà possibile solamente quando sarà installata la scheda DG12 e arriverà a essa l'alimentazione da 4,5 o 5 V.

Al momento questa scheda DG11 si può utilizzare realizzando i collegamenti ai terminali più vicini ai LED, indicati sul pannello frontale del laboratorio come A 1, 2, 3, 4 e K 1, 2, 3, 4.

Montaggio dei LED

Il montaggio dei componenti su questo circuito stampato inizia dai LED, dato che bisogna tener presente due aspetti molto importanti: i LED hanno polarità e devono rimanere allineati e alla stessa altezza. Sulla scheda è seri-

PCB con i quattro LED installati.

Nella seconda fase si saldano le resistenze.

Questa scheda contiene tre connettori.

grafata la forma del LED, il foro che corrisponde al terminale dell'anodo è indicato con la lettera A, e quello del catodo con la K. Il terminale dell'anodo è quello più lungo, mentre il catodo si identifica facilmente, essendo il terminale del LED più vicino alla zona piatta del bordo del LED stesso.

Una volta identificati i terminali, verranno inseriti sulla scheda in modo che la base del contenitore del LED rimanga separata dalla scheda di circa 2 mm. Come appoggio per mantenere queste separazioni uguali per i quattro LED è possibile utilizzare una moneta da 20 centesimi di euro. Vi consigliamo di saldare prima uno dei terminali di ogni LED, in modo che sia possibile correggerne un po' la posizione, dato che deve rimanere perfettamente allineato, dopodiché si può saldare l'altro terminale.

Montaggio delle resistenze

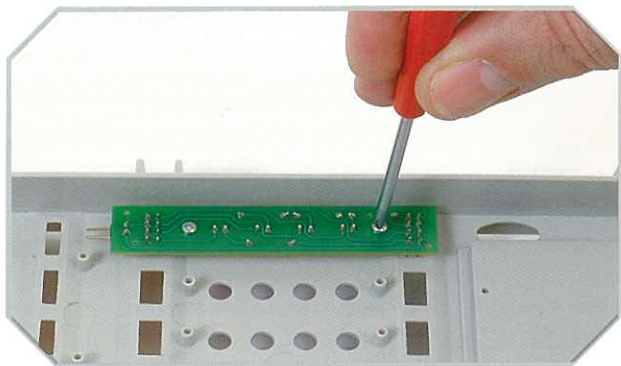
Le resistenze sono tutte uguali, da 820 Ω, con anelli di identificazione grigio, rosso e marrone. Verranno montate nel modo abituale, piegando i terminali in modo che il contenitore possa rimanere appoggiato alla scheda, verranno saldate e verrà tagliata la parte in eccesso del reoforo.

Montaggio dei connettori

I connettori si montano inserendo prima i terminali, che devono rimanere perfettamente verticali. Questo si ottiene se sono ben appoggiati sulla scheda quando si esegue la saldatura. Il connettore J1 deve rimanere parallelo alla scheda.

Installazione della scheda

Per installare la scheda bisogna voltare il laboratorio. Questa scheda corrisponde ai diodi della matrice di LED numerati sul pannello frontale del laboratorio da LED 1 a LED 4. Bisogna osservare le fotografie per montare il connettore di alimentazione come mostrato nelle stesse.

Verificate anche che i LED fuoriescano da ogni foro e che fuoriescano anche i connettori, rimanendo centrati nelle loro rispettive sedi; nel caso fosse necessario e fosse rimasta qualche sbavatura della fusione di plastica, è

Montando la scheda bisogna fare attenzione alla posizione del connettore J1.

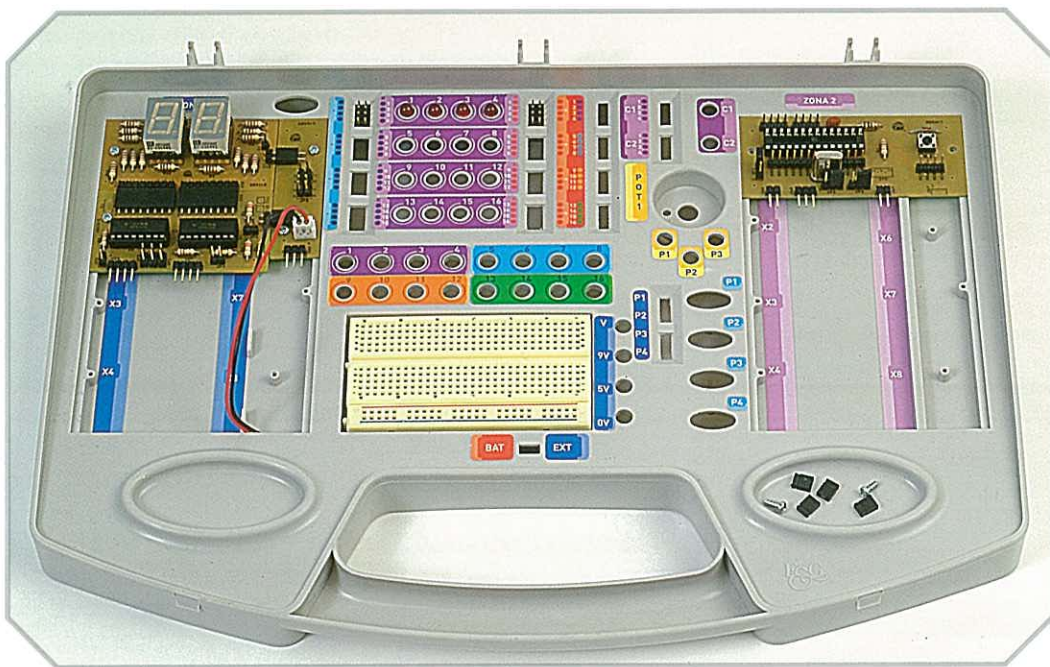
I LED e i connettori doppi fuoriescono dal pannello frontale.

possibile toglierla utilizzando con attenzione una lametta. Dopo aver verificato tutto questo, si fissa il circuito con due viti, facendo però attenzione che i due connettori rimangano il più centrati possibile; le viti dovranno essere fissate alla scheda senza forzarle eccessivamente, dato che in seguito le dovremo togliere per installare le altre schede della matrice e quella della sua alimentazione.

Prova

Come prova rapida possiamo utilizzare i 4,5 volt del portabatterie, collegando il positivo a uno dei terminali del connettore siglato come A3, ad esempio, e il negativo K dello stesso numero, in questo caso K3. Il LED si deve illuminare.

Quando l'alimentazione arriva a questa scheda per polarizzare il LED tramite uno degli estremi, utilizzeremo i ponticelli per sostituire i fili di collegamento, dato che a lato di ogni anodo troviamo il positivo da 5 V, e vicino a ognuno dei catodi il negativo dell'alimentazione, ovvero 0 V.

Bisogna tener presente che, anche se si parla di anodo e catodo, esiste una resistenza per la limitazione di corrente in serie al circuito di ogni diodo.

Aspetto del laboratorio con i primi quattro LED montati.

Sensori

L'alta impedenza delle porte CMOS e la loro elevata immunità al rumore permettono la costruzione di sensori. Eseguiremo ora delle prove con un circuito che si può utilizzare per costruire diversi tipi di sensori.

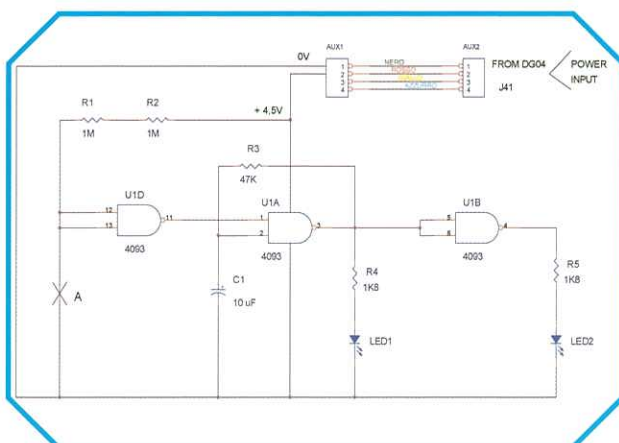
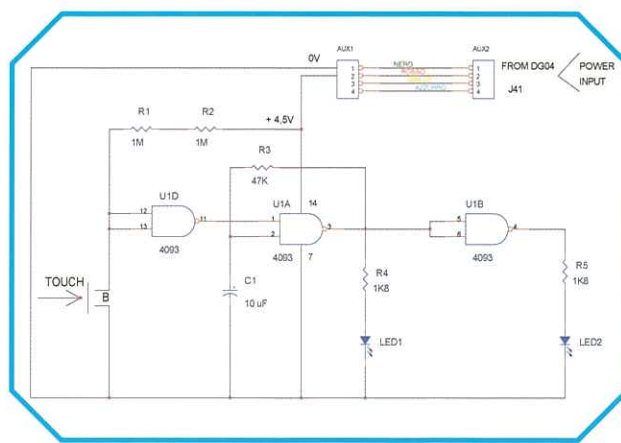
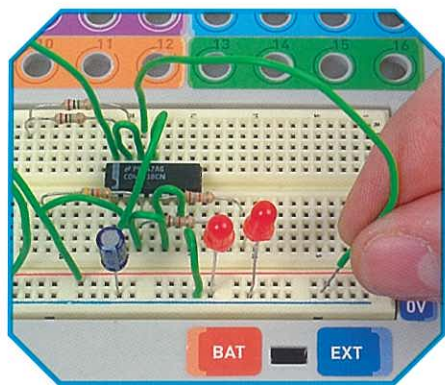
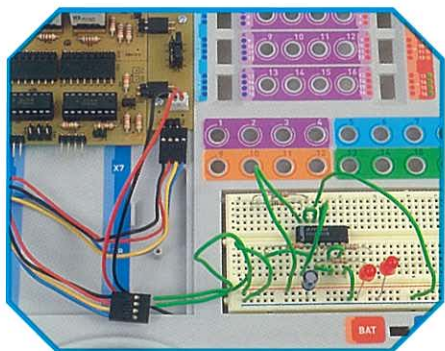
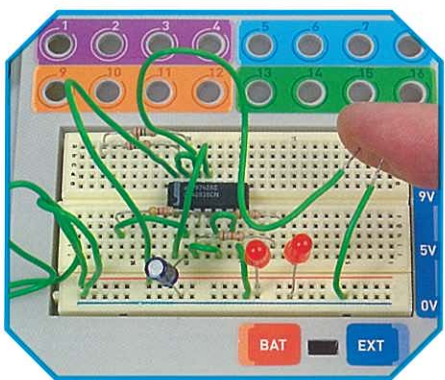
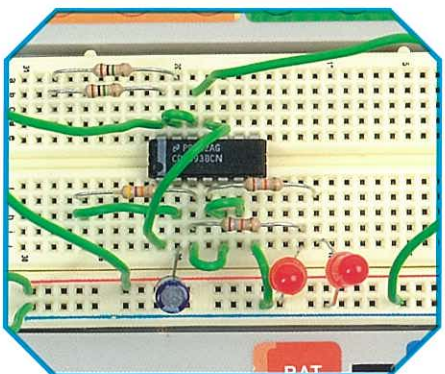
Lo schema

Se osserviamo lo schema del sensore di rottura del filo e supponiamo che il collegamento nel punto A esista, i terminali di ingresso 12 e 13 della porta invertente (formata dalla porta U1D) del circuito integrato rimarranno collegati al negativo dell'alimentazione. L'uscita di questa porta, il terminale 11 dell'integrato, rimarrà quindi a livello alto, il che permetterà all'oscillatore astabile, formato dalla porta U1A, la resistenza R3 da 47 K e il condensatore C1 da 10 µF, di oscillare facendo illuminare il LED 1 in modo intermittente, così come il LED 2, anche se quest'ultimo si accenderà in modo inverso, ovvero quando il primo si spegne.

Quando si taglia il filo si scollega dal negativo il cavo siglato come A; in questo caso le resistenze R1 e R2 sono sufficienti per assicurare un livello logico alto sui terminali 12 e 13, per cui l'uscita della porta U1D, terminale 11, passa a livello basso bloccando il funzionamento dell'oscillatore astabile e il LED 1 si illumina in modo permanente, mentre il LED 2 rimane spento.

Vogliamo richiamare l'attenzione sull'utilizzo di due resistenze, R1 e R2 in serie. Se osserviamo lo schema, quando il collegamento A è stabilito esiste un consumo di corrente, dato che queste resistenze sono praticamente collegate tra il positivo e il negativo dell'alimentazione, tuttavia, dal momento che hanno un valore molto elevato, questo consumo è molto ridotto, basta dividere 4,5 volt per due milioni al fine di calcolare il consumo.

D'altra parte, visto che l'impedenza di ingresso delle porte CMOS è molto elevata, questa resistenza può mantenerle a livello alto quando è aperto il collegamento sul punto A.

Montaggio dei componenti inseriti sulla Bread Board senza fili.

Schema elettrico del sensore di rottura di filo.

Schema elettrico di un sensore di contatto.

Scollegando il filo ne simuleremo la rottura.

L'alimentazione si prende dalla scheda DG04.

Unendo i fili tramite la pelle il sensore si attiva.

Scheda Bread Board con l'esperimento montato.

Montaggio

Il montaggio è abbastanza semplice, specialmente se sono già stati realizzati quelli precedenti. Utilizzeremo la scheda Bread Board secondo lo schema, anche se abbiamo pochi componenti e fili di collegamento; al momento sono sufficienti, inoltre prossimamente vi verranno forniti ulteriori componenti e fili di collegamento.

Le illustrazioni sono di grande aiuto, bisogna fare molta attenzione a come si monta il circuito integrato e alla polarità del condensatore elettrolitico e dei LED. Vi raccomandiamo di lasciare il collegamento dell'alimentazione come ultimo, realizzandolo dopo aver verificato tutto il cablaggio e la polarità. Sul terminale 1 del cavo di alimentazione è stato collegato il negativo dell'alimentazione stessa, associandolo al colore nero.

Sensore tattile

Lo stesso circuito, senza la necessità di realizzare alcuna modifica, può essere utilizzato come sensore tattile o sensore di contatto.

Se osserviamo lo schema vedremo due terminali di filo che rappresentano i contatti del sensore, i quali, in stato di riposo, sono separati tra loro. In stato di riposo l'oscillatore astabile è disattivato, il LED 2 rimane spento e il LED 1 sempre illuminato, però, quando tocchiamo con un dito i contatti, l'ingresso della porta logica U1D passa a livello basso, l'oscillatore inizia a funzionare e i due LED si illuminano in modo intermittente.

Lo stesso sensore si può utilizzare come indicatore del livello di liquidi conduttori: quando il livello dell'acqua unisce i due contatti, l'oscillatore parte. Dato che le resistenze R1 e R2 sono di valore molto alto, questo circuito può rilevare la piccola quantità di sali che normalmente sono sciolti nell'acqua.

LISTA DI MATERIALI

Circuito base	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R3	Resistenza 47 K (giallo, viola, arancio)
R4, R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 10 µF elettrolitico
LED1, LED2	Diodo LED rosso

Bistabile RS

Disponiamo già dei componenti necessari per costruire un bistabile RS. Faremo delle prove con due circuiti, uno più semplice che corrisponde al circuito teorico ma che presenta qualche problema di funzionamento, e l'altro più elaborato, che risolve alcuni dei problemi ed è di utilizzo pratico.

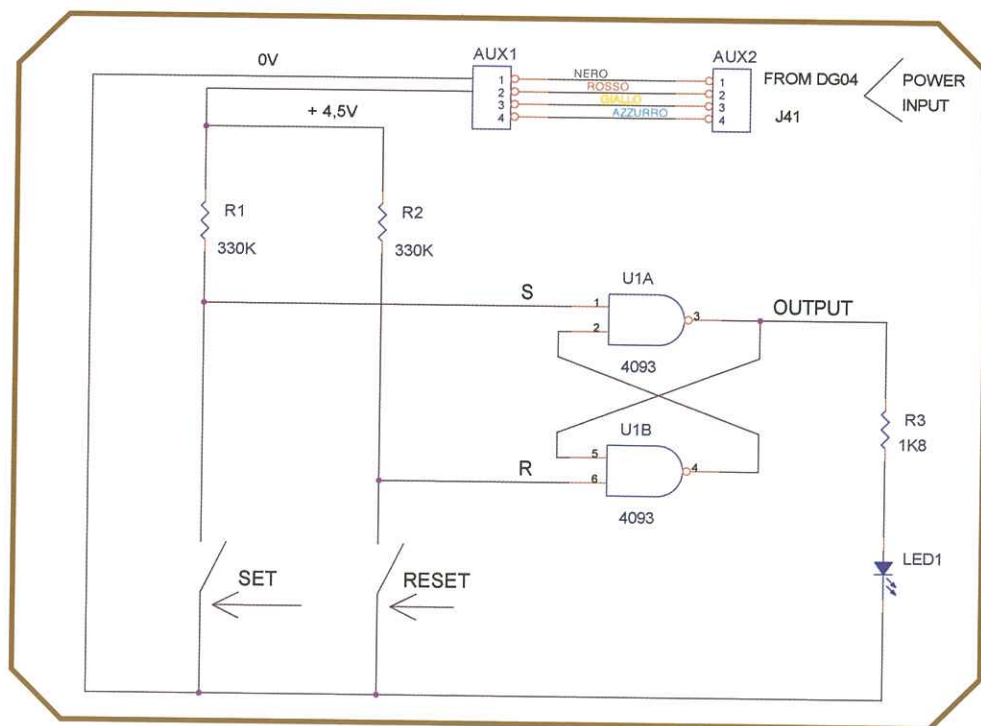
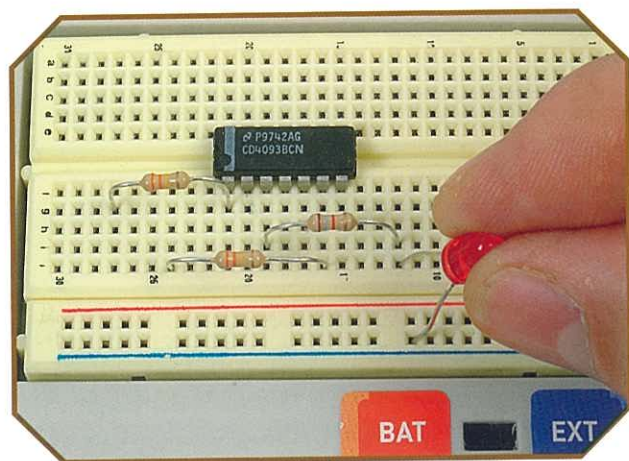
Bistabile RS

Anche se ne abbiamo già parlato in precedenza, ricordiamo che questo circuito ha due ingressi, uno identificato come S da SET, che è quello di attivazione, e l'altro chiamato R da RESET, che è quello di disattivazione. Il nostro circuito di base corrisponde ai terminali 1 e 6 del circuito integrato 4093.

Questo tipo di circuiti ha due uscite che, nel nostro caso, sono collegate ai terminali 3 e 4, anche se noi utilizzeremo solamente la 3, a cui verrà collegato un LED indicatore con la relativa resistenza di limitazione. Lo scopo di questo LED è quello di sapere in quale stato si trova l'uscita del bistabile, a livello alto il LED si illumina, mentre per il livello basso rimane spento. Gli ingressi si mantengono a livello alto utilizzando resistenze da 330 K.

Montaggio

Il montaggio del circuito del bistabile più semplice si realizza con la procedura abituale, facendo attenzione alla polarità del LED, a quella dell'alimentazione e all'orientamento del circuito integrato. Le fotografie sono un buon aiuto, anche se il montaggio si deve eseguire seguendo lo schema elettrico.

Questo circuito e quello migliorato, che descriveremo di seguito, si possono alimentare tramite la scheda DG04 fino a quando il laboratorio non sarà montato e potremo ottenere l'alimentazione dalle molle di collegamento siglate come 0 e 5 V. Alimentando tramite la scheda DG04, così come la stiamo utilizzando, con i collegamenti ausiliari del portabatterie, non è necessario collegare i

Schema elettrico del bistabile di base realizzato con porte NAND.

Componenti del bistabile di base.

Bistabile di base.

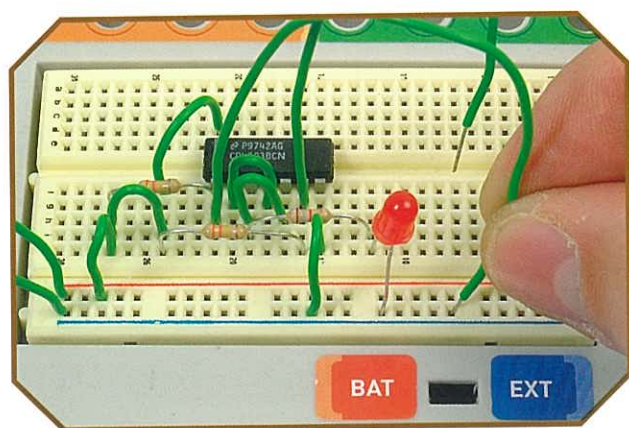
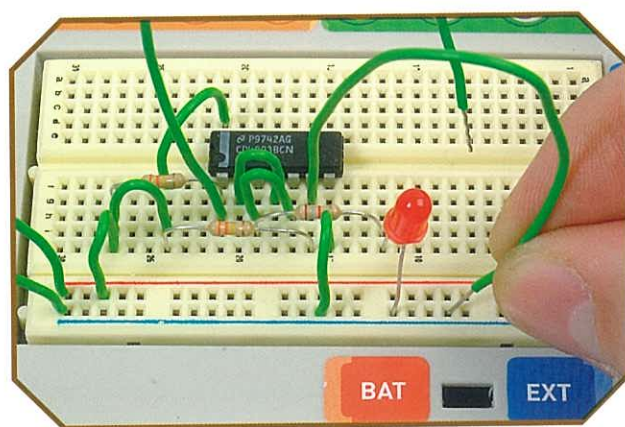
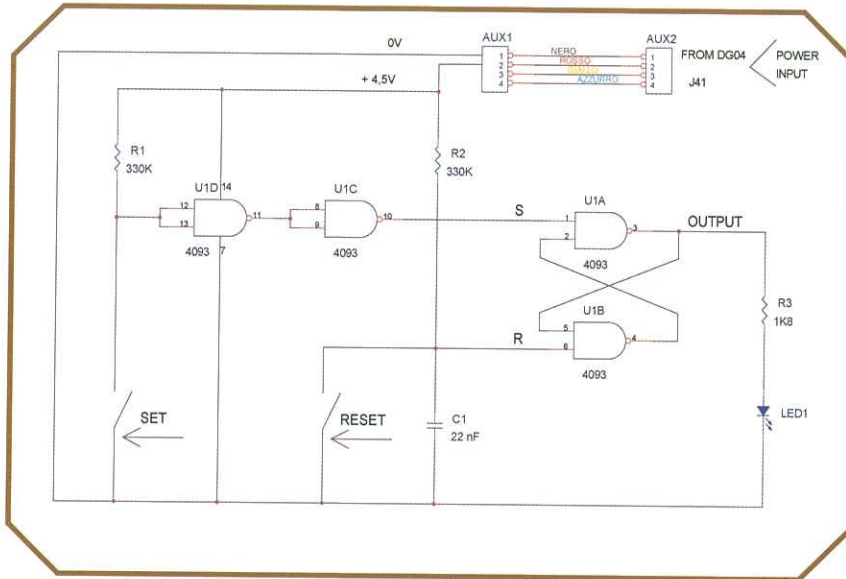
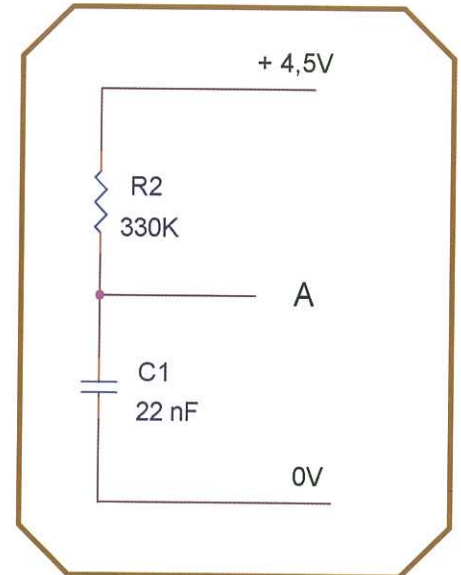
ponticelli della scheda DG04. Nel circuito integrato 4093 il terminale di alimentazione negativo è il 7, mentre quello positivo è il 14, e questi terminali, solitamente, non vengono inseriti negli schemi. L'ideale sarebbe disporre di due pulsanti per realizzare i collegamenti di SET e RESET, tuttavia è molto facile sostituirli con due fili i cui capi verranno collegati temporaneamente al negativo dell'alimentazione per realizzare le funzioni di SET e RESET.

Esperimento

Dopo aver montato il circuito il LED si potrebbe accendere oppure no, a seconda di quale porta condurrà per prima. Se eseguiamo temporaneamente il collegamento indicato come SET, l'uscita del circuito passerà a livello alto e il LED si illuminerà e rimarrà tale, fino a quando non collegheremo temporaneamente il collegamento indicato come RESET, questo farà passare l'uscita allo stato basso e il LED si spegnerà.

Come possiamo vedere, ciò che in realtà stiamo facendo è memorizzare uno stato di uscita.

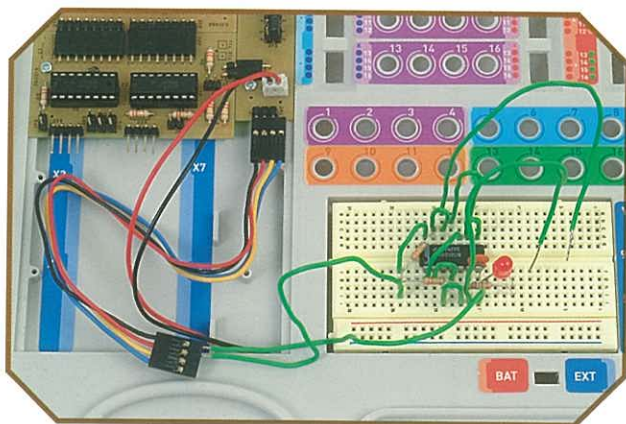
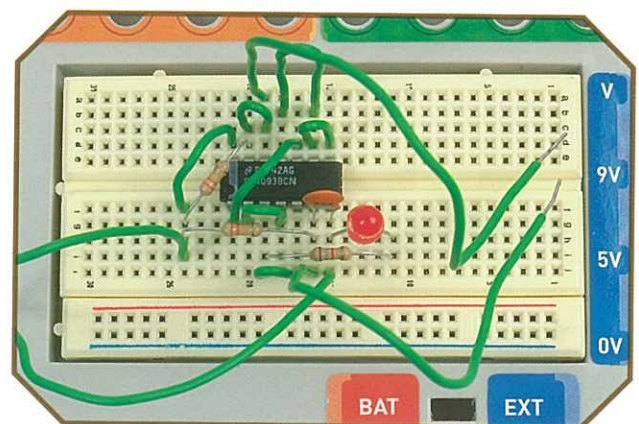
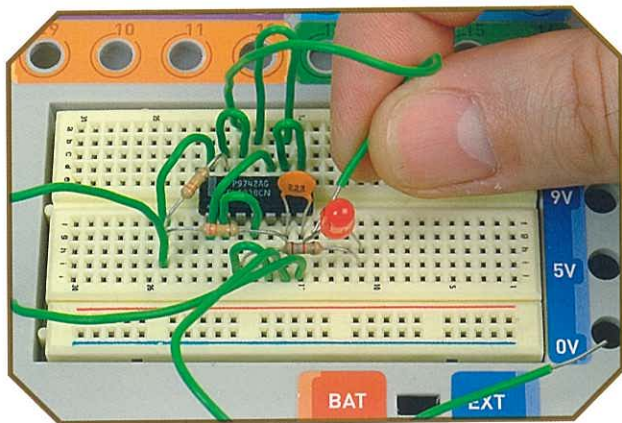
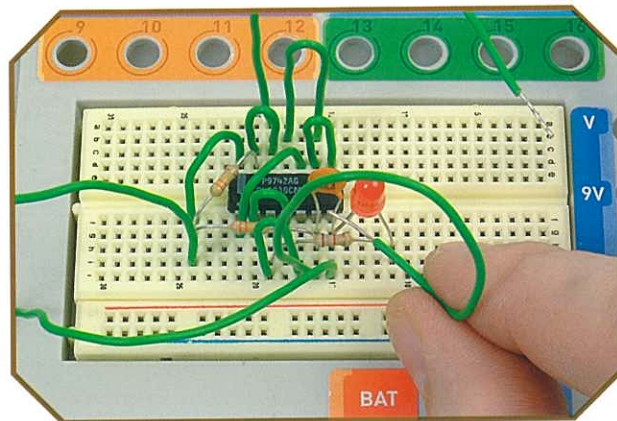
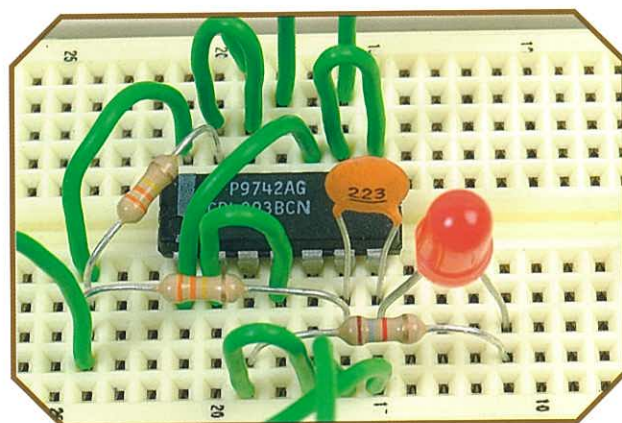
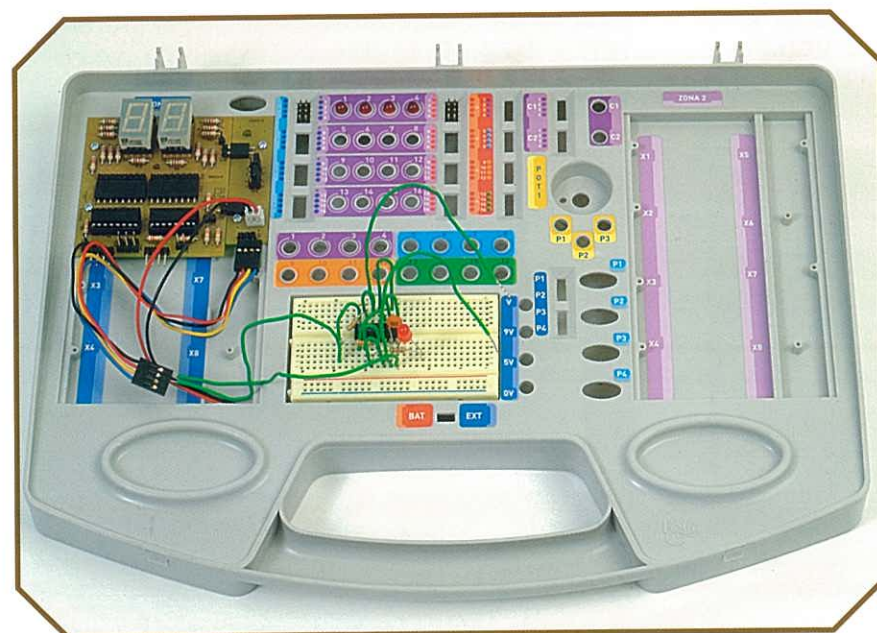
Non dobbiamo mai attivare contemporaneamente entrambi gli ingressi.

Quando il laboratorio sarà più completo potremo ripetere questo esperimento utilizzando i pulsanti per i collegamenti di SET e RESET. Questo circuito può presentare alcuni problemi di funzionamento dovuti alle imperfezioni dei contatti, inoltre non sappiamo in quale stato si troverà al momento di collegare l'alimentazione. Realizziamo ora alcune migliorie nel circuito.

Collegamento temporaneo del filo di SET.

Collegamento del RESET.

Schema elettrico del bistabile migliorato.

Dettaglio del circuito di RESET all'accensione.

Miglioramenti

Se osserviamo lo schema del bistabile migliorato potremo vedere che all'ingresso di RESET è stato aggiunto un condensatore C1.

Il compito di questo condensatore è quello di garantire lo stato iniziale di RESET, dato che, al momento di collegare l'alimentazione, provoca uno zero temporaneo perché la carica del condensatore non è istantanea, quindi, collegando l'alimentazione, la tensione iniziale del condensatore è uguale a zero, il circuito è disattivato e il LED rimane spento. La tensione in questo punto, terminale 6 del circuito integrato, passa a livello alto dopo un certo tempo e così si mantiene fino a quando si esegue il collegamento di RESET.

Un altro miglioramento è l'utilizzo di due porte all'ingresso di SET per eliminare i possibili rimbalzi dei contatti, stabilizzando, quindi, il funzionamento del circuito. Il funzionamento rimane lo stesso, eseguendo temporaneamente il collegamento di SET si illumina il LED e, facendo la stessa cosa con l'altro collegamento, il LED si spegne.

Bistabile migliorato montato sulla Bread Board.

Bistabile migliorato che comprende il condensatore C1.

Collegamento di SET,
si tocca qualsiasi punto del negativo.

Collegamento di RESET,
si tocca il terminale negativo del LED.

Dettaglio del condensatore C1.

Conclusioni

Questo circuito permette di memorizzare uno stato o l'altro in base al pulsante premuto, e questo stato si mantiene fino a quando dura l'alimentazione.

È stato anche verificato il modo di utilizzare un condensatore per forzare lo stato iniziale del bistabile.

LISTA DEI MATERIALI

Circuito di base	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenze 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED1	Diodo LED rosso 5 mm
Circuito migliorato	
U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenze 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1	Condensatore 22 nF
LED1	Diodo LED rosso 5 mm

Aspetto del laboratorio con l'esperimento del bistabile.

Gli interrupt (II)

Continueremo con lo studio degli interrupt analizzando le cause che li generano ed entrando nel dettaglio dei registri che sono coinvolti e come funzionano. In questo modo potremo capire la funzionalità e l'importanza di questo dispositivo e saremo pronti per utilizzarlo dopo aver terminato con l'introduzione alla programmazione e al repertorio di istruzioni, e inizieremo a progettare programmi.

Cause di interrupt (interne)

4ª. Overflow del temporizzatore TMR0: il TMR0 (Timer 0) è un temporizzatore interno del PIC. Quando azzera il suo registro (da FFh a 00h) si attiva il bit T0IF (INTCON<2>), bit di flag, e si genera un interrupt se il suo bit di abilitazione è attivato, T0IE (INTCON<5>).

5ª. Overflow del temporizzatore TMR1: è uguale al precedente però con il temporizzatore interno Timer 1. Il bit di flag è TMR1IF (PIR1<0>) e quello di abilitazione TMR1IE (PIE1<0>).

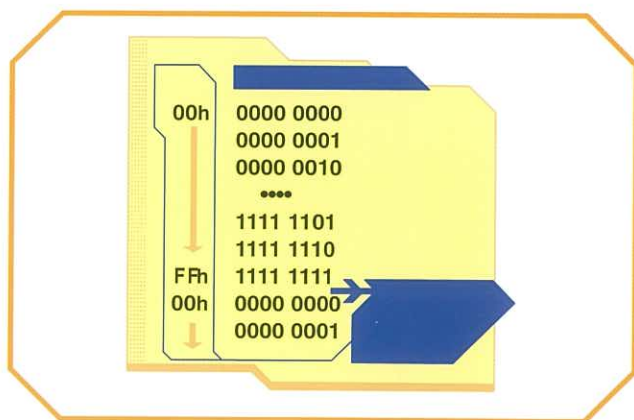
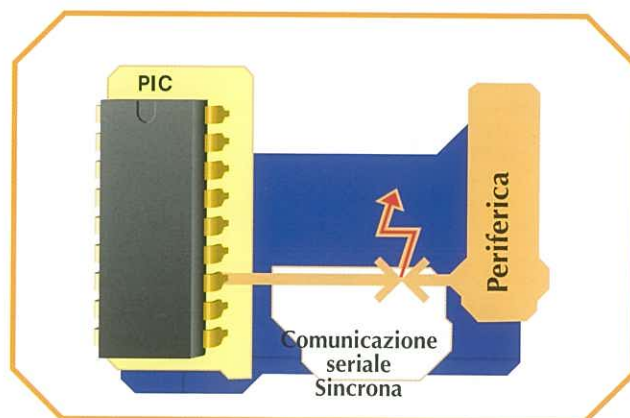
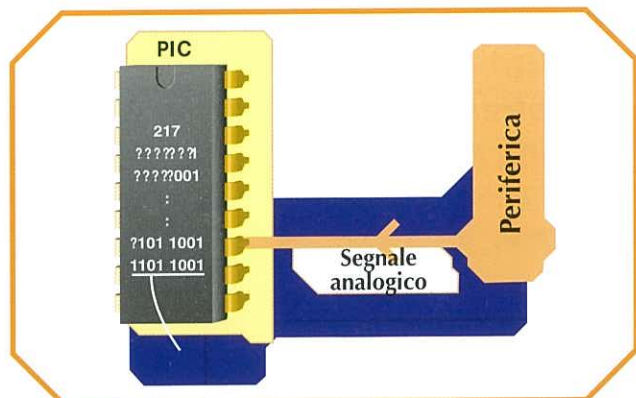
6ª. Overflow del temporizzatore TMR2: il PIC 16F870 dispone di tre temporizzatori: TMR0, TMR1 e TMR2. Quest'ultimo funziona come i precedenti, in modo che quando resetta il valore del conteggio si possa produrre un interrupt. Il bit di flag è TMR2IF (PIR1<1>) e quello di abilitazione TMR2IE (PIE1<1>).

7ª. Capture/Compare/PWM sul modulo CCP1: se il modulo funziona in modo capture, il bit CCP1IF (PIR1<2>) si imposterà a 1 quando si acquisisce il temporizzatore TMR1. In modo comparazione il bit di flag viene impostato a 1 se il valore del TMR1 coincide con un valore preselezionato. Nel modo PWM non si generano interrupt. Il bit di abilitazione di questo interrupt è CCP1IE (PIE1<2>).

8ª. Capture/Compare/PWM sul modulo CCP2: è identico al precedente però con bit differenti, ovvero CCP2IF (PIR2<0>) quello di flag, e CCP2IE (PIE2<0>) quello di abilitazione.

9ª. Trasferimento tramite la porta seriale sincrona: mediante un 1 sul flag SSPIF (PIR1<3>), si indicherà lo stato (attivato) della porta seriale sincrona. Come nel resto degli interrupt, quando il flag passa allo stato segnalato è necessario, mediante software, cancellarlo e riportarlo a zero. Il bit di abilitazione è SSPIE (PIE1<3>).

10ª. Collisione del bus sulla porta seriale sincrona: nella trasmissione in modo sincrono si verifica un interrupt quando esiste una collisione di dati sul bus. Il bit di flag è il BCLIF (PIR2<3>) e il bit di abilitazione è BCLIE (PIE2<3>).

11ª. Termine della trasmissione dell'USART: quando termina una trasmissione di questo tipo, si avvisa il processore mediante un inter-

I temporizzatori provocano un interrupt quando vanno in overflow.

Interrupt per collisione sul bus nella porta seriale sincrona.

Interrupt per fine della conversione analogico/digitale.

rupt. I bit di flag e di abilitazione si possono vedere nella tabella allegata.

12ª. Termine della ricezione dell'USART: uguale al precedente, però quando termina la ricezione dei dati.

13ª. Termine della conversione A/D: anche quando termina un'operazione di conversione di un valore analogico a uno digitale si deve indicare al processore che la procedura è terminata, quindi utilizzeremo un interrupt.

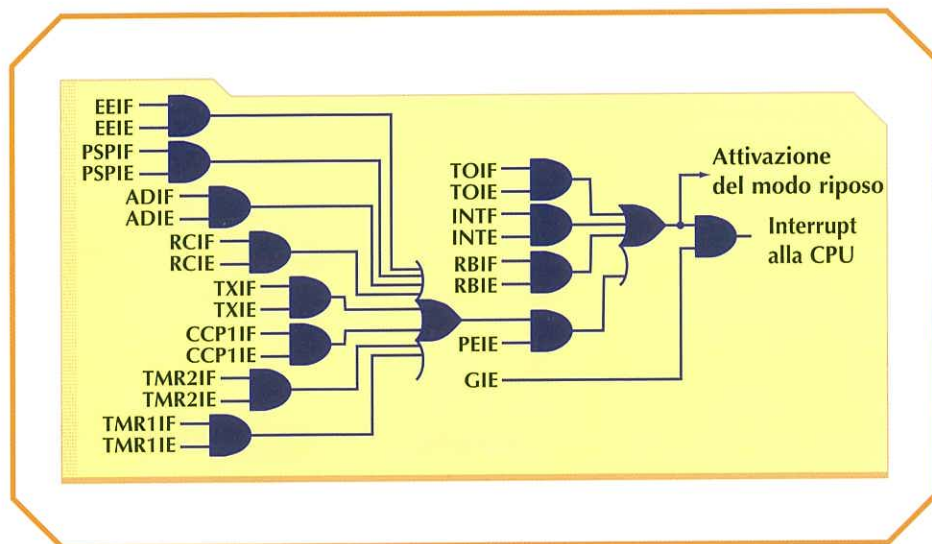
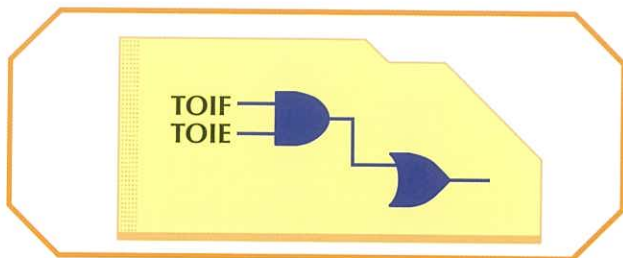
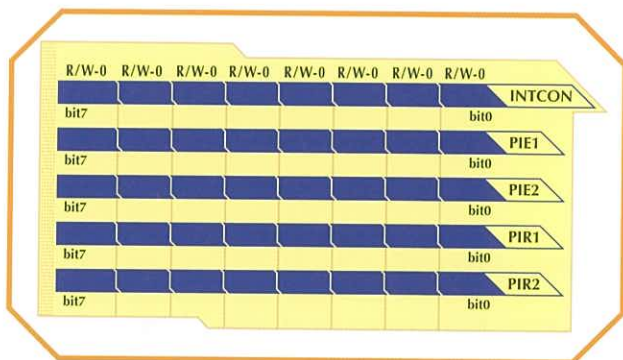
14ª. Termine del trasferimento sulla porta parallela slave: un altro modo di trasmissione dei dati del processore con i dispositivi periferici che avviserà del termine mediante interrupt.

Il nostro PIC da 28 pin non dispone di tutti gli interrupt studiati, dato che non possiede i dispositivi della porta parallela slave, della porta seriale sincrona né del modulo CCP2. Il nostro PIC gestisce dieci cause possibili di interrupt.

Interrupt	Flag	Abilitazione
Pin RB0/INT	INTF	INTE
Cambio di stato in RB7:RB4	RB1F	RB1E
Scrittura su EEPROM	EEIF	EEIE
Temporizzatore TMR0	T0IF	T0IE
Temporizzatore TMR1	TMR1IF	TMR1IE
Temporizzatore TMR2	TMR2IF	TMR2IE
Modulo CCP1	CCP1IF	CCP1IE
Modulo CCP2	CCP2IF	CCP2IE
Porta seriale sincrona (SSP)	SSPIF	SSPIE
Collisione del bus in SSP	BCLIF	BCLIE
Trasmissione USART	TXIF	TXIE
Ricezione USART	RCIF	RCIE
Conversione A/D	ADIF	ADIE
Porta parallela slave	PSPIF	PSPIE

Bit di flag e di abilitazione di tutti i possibili interrupt.

Gestione degli interrupt

Ogni causa di interrupt è controllata da due linee o segnali. Uno funziona come flag e indica se si è verificato o no l'evento, e l'altro è l'abilitazione o la disabilitazione dell'interrupt in sé.

Logica di controllo per l'attivazione della linea di richiesta di interrupt.

Schema di controllo della generazione di un interrupt.

Registri che intervengono nella gestione degli interrupt.

Organigramma di sviluppo di un interrupt che comprende il bit GIE.

Nell'esempio della figura vediamo come, affinché l'overflow del TMR0 generi un interrupt, sia necessario che i due segnali di ingresso alla porta AND abbiano livello alto.

Il valore che si applica ai segnali di ingresso del circuito di controllo degli interrupt deriva dallo stato dei bit dei registri INTCON, PIR1, PIR2, PIE1 e PIE2.

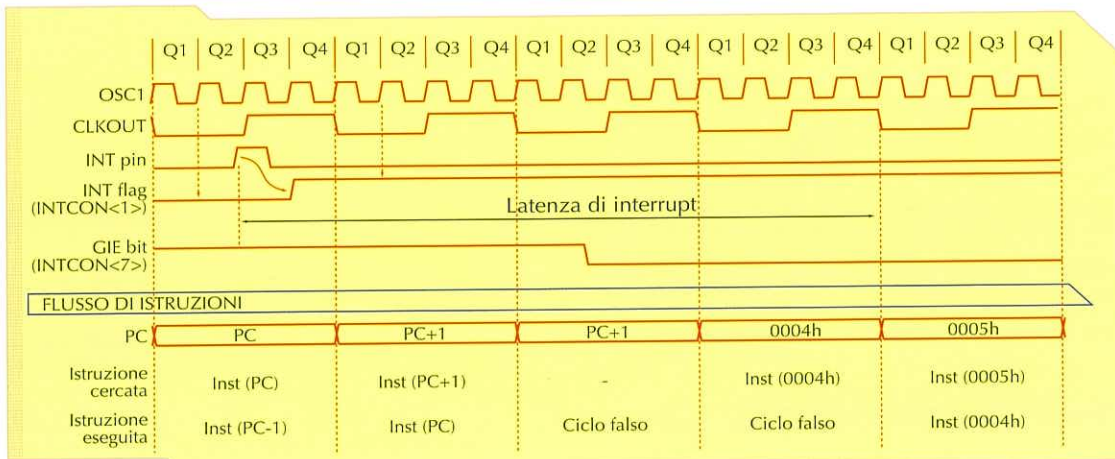
Il bit GIE di attivazione globale degli interrupt, situato nel registro INTCON, si cancella in modo automatico quando viene riconosciuto un interrupt, per evitare che se ne generi un altro mentre si sta risolvendo quello iniziale. Al ritorno dall'interrupt, il bit GIE si attiva nuovamente.

Esiste un altro bit di abilitazione ristretto ad alcuni interrupt di determinate periferiche che è il PEIE (INTCON<6>).

Dato che gli interrupt possono essere generati da cause diverse, il software iniziale della routine di interrupt deve iniziare verificando quale è stata la causa che lo ha provocato. Una volta identificato il flag, bisogna cancellarlo via software per prevenire falsi interrupt.

La segnalazione di un interrupt esterno prodotta dall'attivazione di un pin, deve essere mantenuta con il livello attivo almeno 3 o 4 cicli di istruzione, a seconda di quando si produce. Con il bit corrispondente del registro OPTION si programma che sia sensibile al fronte di salita o a quello di discesa. Nel grafico della figura possiamo verificare che il tempo di latenza di interrupt corrisponde a quanto detto in precedenza. Il tempo di latenza di interrupt è definito come il tempo che intercorre da quando si verifica l'evento di interrupt fino a quando inizia l'esecuzione dell'istruzione situata all'indirizzo 0004h. Per interrupt esterni il tempo di latenza sarà di 3 o 4 cicli di istruzione e per quelli interni è di 3 cicli di istruzione.

Salvare il contesto

Quando si genera un interrupt automaticamente, si memorizza il valore del contatore di programma nello stack, però cosa succede con il resto dei registri? Quando saltiamo alla routine di servizio di interrupt, dobbiamo salvare i registri con cui stiamo lavorando nel pro-

Funzionamento interno quando si produce un interrupt esterno.

gramma principale per non perdere i dati contenuti. Mediante l'utilizzo di variabili possiamo memorizzare i valori di questi registri per poterli recuperare al ritorno dalla routine di servizio all'interrupt. Nella figura possiamo vedere un esempio di come scrivere il contenuto del registro di lavoro W, del registro di stato STATUS, e il valore del registro PCLATH in variabili temporali, e come recuperare questi valori dopo aver terminato l'esecuzione della routine di servizio all'interrupt.

Un interrupt non deve provocare la perdita di dati gestiti dal programma principale. Il progettista dovrà tener conto di questo e memorizzare i valori dei registri con cui sta lavorando su variabili temporali, così come mostra l'esempio.

Conclusioni

Abbiamo terminato lo studio teorico di uno dei principali dispositivi del nostro PIC. Sappiamo cosa sono gli interrupt, che applicazioni possono avere, quali sono le cause che li possono provocare e come influenzano il processore. Sappiamo anche che ogni interrupt ha associati due bit, uno di abilitazione (IE, Interrupt Enable) e l'altro di flag (IF, Interrupt Flag), e che tutti questi dipendono da un bit di abilitazione generale. Quando impareremo il repertorio di istruzioni, faremo pratica con applicazioni reali e vedremo come gestire i registri per diversi tipi di interrupt. Mediante diversi programmi di esempio potremo applicare tutti i concetti imparati, affinando così queste conoscenze.

Senza nome - Blocco note

File Modifica Cerca ?

```
MOVWF W_TEMP            ;Copiare W sul registro temporale (W_TEMP)
SWAPF STATUS,W          ;Troncare STATUS per poterlo salvare su W
CLRF STATUS             ;Cancellare STATUS, banco 0
MOVWF STATUS_TEMP       ;Scrivo il valore di STATUS (era in W) sul registro temporale
MOVF PCLATH_TEMP        ;Salvo il registro PCLATH su W
MOVWF PCLATH_TEMP       ;Lo sposto sul registro temporale corrispondente
CLRF PCLATH             ;Azzero il registro PCLATH
:
: (ISR)                 ;Codice della routine dedicata all'interrupt
:
MOVF PCLATH_TEMP, W     ;Salvo il valore del registro temporale del PCLATH su W
MOVWF PCLATH            ;Recupero il valore del PCLATH
SWAPF STATUS_TEMP,W     ;Tronco il valore del registro temporale che conteneva il valore di
                        ;STATUS e lo scrivo sul registro di lavoro
MOVWF STATUS            ;Recupero il valore del registro STATUS
SWAPF W_TEMP,F          ;Tronco il valore del registro di lavoro temporale
SWAPF W_TEMP,W          ;Recupero il valore di W
```

È necessario salvare il contesto del programma prima di eseguire la routine di servizio dell'interrupt e recuperarlo in seguito, terminata l'esecuzione della routine.